

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



553419

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
11. November 2004 (11.11.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2004/097952 A1

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: H01L 41/053,  
41/083, F02M 51/06, H02N 2/04

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2004/000569

(22) Internationales Anmeldedatum:  
19. März 2004 (19.03.2004)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
103 19 601.3 2. Mai 2003 (02.05.2003) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02  
20, 70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BOECKING,  
Friedrich [DE/DE]; Kahlhieb 34, 70499 Stuttgart  
(DE). KIENZLER, Dieter [DE/DE]; Neukoellner Str. 6,  
71229 Leonberg (DE). UHLMANN, Dietmar [DE/DE];  
Rosenstr. 48, 71404 Korb (DE). BRUETSCH, Uwe  
[DE/DE]; Jaegerstr. 51, 70174 Stuttgart (DE).

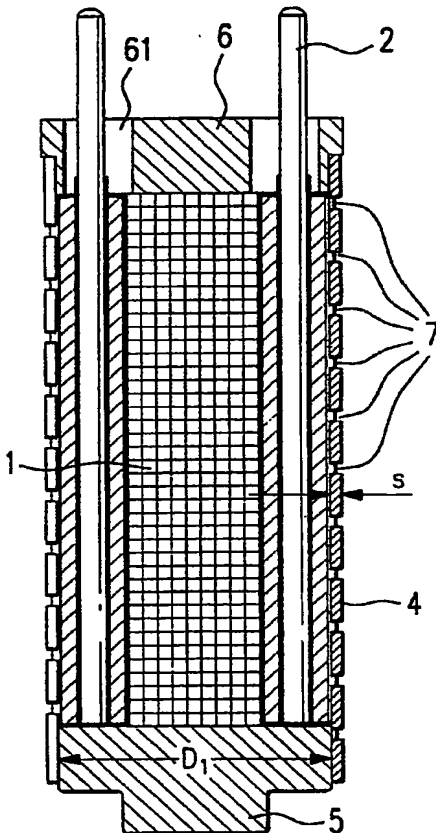
(74) Gemeinsamer Vertreter: ROBERT BOSCH GMBH;  
Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,  
CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,  
GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,  
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,  
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ACTUATING UNIT FOR A PIEZO-ELECTRICALLY CONTROLLED FUEL INJECTION VALVE

(54) Bezeichnung: AKTOREINHEIT FÜR EIN PIEZOELEKTRISCH GESTEUERTES KRAFTSTOFFEINSPRITZVENTIL



(57) Abstract: The invention relates to an actuating unit for the fuel injection valve of an injection system for internal combustion engines. The inventive actuating unit comprises a piezo-electric actuator (1) and a hollow body (4) in the form of a spring. Said hollow body (4) is provided with recesses (7), a first joint that extends parallel to the longitudinal axis thereof, and a second joint or a first cavity which is disposed across from the first joint at a first end of the hollow body. The inventive structural design of the hollow body (4) makes it possible to increase the service life of said actuating unit.

(57) Zusammenfassung: Eine Aktoreinheit, welche zum Betätigen eines Kraftstoffeinspritzventils einer Einspritzanlage für Brennkraftmaschinen geeignet ist, besteht aus einem piezoelektrischen Aktor (1) und einem als Feder ausgebildeten Hohlkörper (4). Der Hohlkörper ist mit Ausnehmungen (7) versehen und weist eine parallel zu seiner Längsachse verlaufende erste Fuge und mindestens an einem ersten Ende des Hohlkörpers, der ersten Fuge gegenüberliegend angeordnet, eine zweite Fuge oder eine erste Aussparung auf. Durch die erfindungsgemäße Gestaltung des Hohlkörpers (4) kann die Lebensdauer der Aktoreinheit verbessert werden.

WO 2004/097952 A1



PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Aktoreinheit für ein piezogesteuertes  
Kraftstoffeinspritzventil

Stand der Technik

Die Erfindung betrifft eine Aktoreinheit bestehend aus einem piezoelektrischen Aktor. Solche Aktoreinheiten werden unter anderem bei Kraftstoffeinspritzsystemen und insbesondere in Kraftstoffeinspritzventilen eingesetzt, da die Schaltzeiten solcher Aktoreinheiten sehr kurz sind. Die kurzen Schaltzeiten erlauben eine exaktere Bemessung der eingespritzten Kraftstoffmenge und ermöglichen eine verbesserte Formung des zeitlichen Verlaufs der Einspritzung. Unter dem Sammelbegriff "Kraftstoffeinspritzventil" werden im Zusammenhang mit der Erfindung sämtliche Bauarten von Kraftstoffeinspritzventil, wie zum Beispiel Injektoren für Common-Rail-Einspritzsysteme oder Einspritzdüsen konventioneller Kraftstoffeinspritzanlagen verstanden. Betätigt wird ein Kraftstoffeinspritzventil mit Piezo-Aktor dadurch, dass der piezoelektrische Aktor mit einer elektrischen Spannung beaufschlagt wird, wodurch sich der piezoelektrische Aktor aufgrund bekannter physikalischer Effekte der Piezokeramik schnell ausdehnt und ein Ventilschließglied von einem Ventilsitz abhebt. Der

- piezoelektrische Aktor hat eine gewisse Masse, die dabei beschleunigt wird. Wird die an den Aktor angelegte Spannung reduziert, hat der Aktor das Bestreben, sich zusammenzuziehen. Aufgrund der Massenträgheit der zuvor beschleunigten Masse des Aktors entstehen dadurch in Abhängigkeit der Ansteuergeschwindigkeit Zugkräfte im Aktor, die zu Beschädigungen des piezoelektrischen Aktors, insbesondere zu Rissen in den Lötverbindungen zwischen den einzelnen Schichten des piezoelektrischen Aktors, führen.
- Um derartige Beschädigungen zu vermeiden, ist man dazu übergegangen, den piezoelektrischen Aktor mittels eines als Feder ausgebildeten zylindrischen Hohlkörpers in axialer Richtung vorzuspannen. Eine solche Anordnung ist beispielsweise aus der WO 00/08353 (Siemens) bekannt.
- Dieser Hohlkörper ist aus einem ebenen Blech gebogen und wird an der dabei entstehenden ersten Fuge verschweißt. Die erste Fuge verläuft dabei parallel zur Längsachse des Hohlkörpers.
- Das Verschweißen der ersten Fuge hat unter anderem folgende Nachteile: Das Schweißen verursacht eine in der Regel unerwünschte Gefügeveränderung des Hohlkörpers in unmittelbarer Nähe der Schweißnaht. Ein zweites Problem sind die beim Schweißen entstehenden Schweißspritzer, welche Schwierigkeiten bei der Montage der Aktoreinheit mit sich bringen können oder sogar zu Funktionsausfällen des Kraftstoffeinspritzventils führen können, wenn sich während des Betriebs einer oder mehrere Schweißspritzer lösen. Ein drittes Problem ist das Einsinken der Schweißnaht (Nahteinfall) an Beginn und Ende der Schweißnaht und die daraus resultierende Kerbwirkung und Spannungserhöhung.

Vorteile der Erfindung

Bei der erfindungsgemäßen Aktoreinheit mit einem in einem Hohlkörper angeordneten piezoelektrischen Aktor, wobei der Hohlkörper elastisch ausgebildet ist und den Aktor vorspannt, und wobei der Hohlkörper mit Ausnehmungen  
5 versehen ist und eine parallel zu einer Längsachse verlaufende erste Fuge aufweist, ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass mindestens an einem ersten Ende des Hohlkörpers eine der ersten Fuge gegenüberliegend angeordnete zweite Fuge vorgesehen ist.

10 Bei der erfindungsgemäßen Ausgestaltung des Hohlkörpers ist es möglich auf das Verschweißen der ersten Fuge zu verzichten. Dadurch entfallen auch die durch das Schweißen verursachten Probleme. Außerdem verringern sich die  
15 Herstellungskosten.

Ein Nachteil der Aktoreinheiten mit offener Trennfuge am Hohlkörper ist, dass die Federsteifigkeit des Hohlkörpers in axialer Richtung über den Umfang nicht konstant ist. In  
20 der Regel ist die Federsteifigkeit wegen der Ausnehmungen im Hohlkörper im Bereich der Trennfuge reduziert. Im Ergebnis führt dies dazu, dass die obere Abdeckplatte und die untere Abdeckplatte im Betrieb der Aktoreinheit mit seitlichen Kräften beaufschlagt werden. Daraus resultiert  
25 eine ungleiche Belastung des piezoelektrischen Aktors mit Kräften und Biegemomenten, die unerwünscht sind.

Durch das erfindungsgemäße Einbringen einer zweiten Fuge in den Hohlkörper, die der ersten Fuge gegenüberliegend  
30 angeordnet ist, wird die Federrate des Hohlkörpers an der der ersten Fuge gegenüberliegenden Seite ebenfalls reduziert. Im Ergebnis führt dies dazu, dass die von der oberen Abdeckplatte und der unteren Abdeckplatte in den piezoelektrischen Aktor eingeleitete Vorspannkraft genau in

Richtung der Längsachse des piezoelektrischen Aktors wirkt. Solche Belastungen sind sehr günstig für den piezoelektrischen Aktor, so dass die Lebensdauer der mit einem erfindungsgemäßen Hohlkörper ausgerüsteten Aktoreinheiten deutlich gesteigert werden kann.

Die erfindungsgemäßen Vorteile können weiter gesteigert werden, wenn auch an einem zweiten Ende des Hohlkörpers einer der ersten Fuge gegenüberliegend angeordnete zweite Fuge vorgesehen ist. Alternativ kann sich die zweite Fuge auch vom ersten Ende bis zum zweiten Ende des Hohlkörpers erstrecken. In anderen Worten: Der Hohlkörper besteht bei diesem Ausführungsbeispiel aus zwei gleich großen Halbschalen, welche den piezoelektrischen Aktor umschließen. Die Halbschalen dieses Hohlkörpers sind auch fertigungstechnisch sehr günstig.

Alternativ ist es auch möglich, in den Hohlkörper an seinen Enden Aussparungen einzubringen und zwar gegenüber der ersten Fuge. Dadurch wird die Federrate des Hohlkörpers auch an dieser Stelle gezielt verringert, so dass die Federrate des Hohlkörpers rotationssymmetrisch ist und somit die gewünschte axiale Krafteinleitung erreicht wird.

Um die Vorspannkraft von dem Hohlkörper auf den piezoelektrischen Aktor bestmöglich einleiten zu können, empfiehlt es sich, dass der Hohlkörper an seinem ersten Ende mit einer oberen Abdeckplatte oder einer Einstellscheibe und an seinem zweiten Ende mit einer unteren Abdeckplatte oder einem Kopplergehäuse verbunden ist. Diese Verbindungen können beispielsweise durch Schweißen oder Bördeln erfolgen.

Wenn nur eine radiale Fixierung des Hohlkörpers erforderlich ist, kann diese durch eine Ringnut oder einen Absatz in der oberen und/oder der unteren Abdeckplatte oder in der Einstellscheibe und dem Kopplergehäuse erfolgen.

5 Dies kann beispielsweise dann ausreichend sein, wenn der Hohlkörper nicht auf Zug, sondern auf Druck belastet wird. Besonders vorteilhaft an diesen Ausführungsvarianten ist, dass durch die Ringnut und durch den Absatz der Hohlkörper relativ zu dem piezoelektrischen Aktor oder zu dem  
10 hydraulischen Koppler zentriert wird. Dieser Effekt kann weiter verbessert werden, wenn Ringnut und Absatz so bemessen werden, dass sie den Hohlkörper bei der Montage geringfügig aufweiten.

15 Es hat sich als besonders vorteilhaft herausgestellt, wenn die Kontaktierung eines in dem Hohlkörper befindlichen Piezoaktors über die obere Abdeckplatte erfolgt und die obere Abdeckplatte zweiteilig ausgeführt ist, wobei zwischen den zwei Teilen der oberen Abdeckplatte eine  
20 Trennfuge vorhanden ist.

Dadurch werden der erforderliche Bauraum für die Aktoreinheit und die Zahl der benötigten Bauteile verringert und außerdem wird die Kontaktierung des  
25 piezoelektrischen Aktors, die die Bewegungen des Aktors mindestens teilweise mitmachen muss, von der oberen Abdeckplatte mit übernommen. Dadurch ergibt sich eine einfache und sichere elektrische Kontaktierung des piezoelektrischen Aktors, welche die erforderliche  
30 Elastizität aufweist. Außerdem wird durch diese Maßnahme die beim Betrieb des piezoelektrischen Aktors entstehende Wärme sehr gut abgeführt, was die Betriebssicherheit und die Lebensdauer des piezoelektrischen Aktors verbessert.

Es hat sich weiter als vorteilhaft erwiesen, wenn die erste Fuge und die zweite Fuge des Hohlkörpers in die Trennfuge der oberen Abdeckplatte münden, so dass die elektrische Trennung der beiden Teile der oberen Abdeckplatte nicht  
5 durch den Hohlkörper, der ja beispielsweise aus Federstahl hergestellt werden kann, aufgehoben wird.

Zusätzlich kann die obere Abdeckplatte durch einen Isolator, insbesondere einen Isolator aus Keramik,  
10 elektrisch isoliert werden.

Um den mechanischen Zusammenhalt der zweiteiligen oberen Abdeckplatte zu gewährleisten, kann zusätzlich eine Sicherungsklammer oder ein Sicherungsteil vorgesehen  
15 werden, welcher die zweiteilige obere Abdeckplatte zusammenhält.

In weiterer Ergänzung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass zwischen dem Hohlkörper und dem Piezoaktor ein  
20 flexibles Bindemittel, insbesondere kunststoffgebundenes Metall oder ein weiches Lot vorhanden ist.

Die Ausnehmungen in dem Hohlkörper können die bekannte knochenförmige Form haben und quer zu einer Längsachse des Hohlkörpers verlaufen. Es ist weiter vorteilhaft, wenn  
25 mehrere Ausnehmungen in einer Ebene hintereinander angeordnet sind und die Ebene mit der Längsachse des Hohlkörpers einen rechten Winkel bildet. Des Weiteren hat es sich als vorteilhaft erwiesen, wenn eine gerade Zahl von  
30 Ausnehmungen in einer Ebene vorhanden ist.

Wenn mehrere Ebenen mit Ausnehmungen im Hohlkörper vorgesehen sind, empfiehlt es sich, dass die Ebenen parallel zueinander verlaufen und die Ausnehmungen zweier

benachbarter Ebenen zueinander versetzt angeordnet sind. Dabei ist es besonders vorteilhaft, wenn der Versatz der Ausnehmungen zweier benachbarter Ebenen gleich dem halben Rapport der Ausnehmungen einer Ebene sind. Der Begriff

5 "Rapport" wird weiter unten im Zusammenhang mit der Figur 3 noch ausführlich erläutert.

Bevorzugt hat der Hohlkörper einen Querschnitt in Form eines Kreises oder eines regelmäßigen Vielecks.

10

Der erfindungsgemäße Hohlkörper kann bei Aktoreinheiten eingesetzt werden, in denen der piezoelektrischer Aktor im Hohlkörper angeordnet ist und bei denen der piezoelektrischer Aktor durch den vorgespannten Hohlkörper auf Druck belastet wird. Dies bedeutet, dass der Hohlkörper selbst auf Zug belastet wird.

15

Der erfindungsgemäße Hohlkörper kann aber ebenfalls an Aktoreinheiten eingesetzt werden, bei denen der piezoelektrischer Aktor außerhalb des Hohlkörpers angeordnet ist und der piezoelektrischer Aktor durch den vorgespannten Hohlkörper auf Druck belastet wird. In diesem Fall wird der Hohlkörper in der Regel auf Druck belastet.

20

Erfindungsgemäß kann weiter vorgesehen sein, dass der Hohlkörper an seinem ersten Ende und/oder an seinem zweiten Ende einen nicht durch Ausnehmungen perforierten Bereich aufweist. Dadurch wird die vom Hohlkörper auf eine Abdeckplatte oder ein anderes Bauteil des Injektors übertragene Federkraft vergleichsmäßig, da der Hohlkörper im Bereich seiner Enden gezielt versteift wird. Dies bedeutet, dass sich die Maxima der Federkraft über den Umfang des Hohlkörpers verringern und die Problematik der von dem Hohlkörper in den Piezoaktor eingeleiteten

25

30

Querkräfte weiter entschärft wird.

Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind der nachfolgenden Zeichnung, deren  
5 Beschreibung und den Patentansprüchen entnehmbar.

### Zeichnungen

Es zeigen:

10

Figur 1 ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Aktoreinheit,

Figur 2 ein zweites Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Aktoreinheit,

15 Figur 3 ein Beispiel für eine Platine aus der ein Hohlkörper gebogen wird,

Figur 4 ein erstes Ausführungsbeispiel eines Hohlkörpers in einer perspektivischen Darstellung mit einer geraden Anzahl (hier: 16) von Aussparungsreihen in Längsrichtung,

20

Figur 5 das erste Ausführungsbeispiel gemäß Figur 4 in einem anderen Blickwinkel,

Figur 6 ein zweites Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Hohlkörpers schräg von unten,

25 Figur 7 ein drittes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Hohlkörpers mit einer ungeraden Anzahl (hier: 17) von Aussparungsreihen in Längsrichtung,

Figur 8 ein Beispiel für eine radiale Fixierung des Hohlkörpers an den Abdeckplatten,

30

Figur 9 eine Darstellung eines weiteren Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Aktoreinheit im Teillängsschnitt und in einer Schnittdarstellung,

Figur 10 ein weiteres Ausführungsbeispiel eines  
erfindungsgemäßen Hohlkörpers und  
Figur 11 eine schematische Darstellung einer  
Kraftstoffeinspritzanlage.

5

#### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

In Figur 1 ist ein erstes Ausführungsbeispiel einer  
erfindungsgemäßen Aktoreinheit dargestellt. Die  
10 Aktoreinheit besteht aus einem piezoelektrischen Aktor 1,  
der aus mehreren übereinander gestapelten piezoelektrischen  
Einzelelementen (nicht dargestellt) aufgebaut sein kann.  
Der piezoelektrische Aktor 1 wird über Kontaktstifte 2  
angesteuert, die längs des Aktors 1 angeordnet sind und mit  
15 dem Aktor 1 elektrisch leitend verbunden sind. Durch  
Anlegen einer Spannung zwischen den Kontaktstiften 2 wird  
eine Längsdehnung des piezoelektrischen Aktors 1 erzeugt,  
die beispielsweise zum Steuern eines Einspritzventils in  
einer Brennkraftmaschine eingesetzt werden. Der  
20 piezoelektrische Aktor 1 mit den Kontaktstiften 2 ist in  
einem als Rohrfeder ausgebildeten Hohlkörper 4 angeordnet.  
Der piezoelektrische Aktor 1 liegt mit seinen Stirnflächen  
jeweils an einer Abdeckplatte 5, 6 an, wobei die obere  
Abdeckplatte 6 Durchführungen 61 aufweist, durch die sich  
25 die Kontaktstifte 2 erstrecken. Die obere und untere  
Abdeckplatte 5, 6 sind jeweils form- und/oder  
kraftschlüssig, vorzugsweise durch Schweißen, mit dem  
Hohlkörper 4 verbunden. Die Schweißnähte zwischen der  
oberen und der unteren Abdeckplatte 5, 6 sowie des  
30 Hohlkörpers 4 sind in Figur 1 nicht dargestellt. Alternativ  
kann die Verbindung zwischen dem Hohlkörper und den beiden  
Abdeckplatten 5, 6 zum Beispiel auch mit Hilfe einer  
Bördelung erfolgen, wobei die umbördelten oberen und  
unteren Randbereiche des Hohlkörpers 4 jeweils in die

Abdeckplatten 5, 6 eingreifen (nicht dargestellt).

Der piezoelektrische Aktor 1 wird durch den Hohlkörper 4 und die Abdeckplatten 5, 6 mit einer Vorspannkraft auf Druck beansprucht. D. h. der Hohlkörper 4 wird vor dem Verschweißen mit der oberen und unteren Abdeckplatte 5, 6 vorgespannt und dann verschweißt.

Der Hohlkörper 4 wird vorzugsweise aus Federstahl gefertigt. Um eine gewünschte Federrate bei vorgegebener Wandstärke "s" einstellen zu können, sind in den Hohlkörper 4 eine Vielzahl von Ausnehmungen 7 eingebracht. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind nicht alle Ausnehmungen in Figur 1 mit Bezugszeichen versehen worden. Da sich die vielen Ausnehmungen 7 am besten durch Stanzen herstellen lassen, wird der Hohlkörper 4 in der Regel aus Blech gefertigt. Aus dem Blech wird zunächst eine Platine mit den Ausnehmungen 7 ausgestanzt. Anschließend wird die Platine gebogen, bis sie beispielsweise einen kreisrunden Querschnitt oder einen Querschnitt in Form eines regelmäßigen Vielecks hat. Dort wo die beiden Enden der gebogenen Platine aufeinander treffen, entsteht eine erste Fuge (in Fig. 1 nicht dargestellt).

In Figur 2 wird ein zweites Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Aktoreinheit dargestellt, die in einen piezobetätigten Injektor 71 integriert ist.

Da die vorliegende Erfindung im Wesentlichen eine Aktoreinheit und einen dazugehörigen Hohlkörper 4 betrifft, wird der Injektor 71 nicht in allen Details erläutert, sondern im Wesentlichen nur die Anbindung der Aktoreinheit an den Injektor 71 beschrieben. Die übrigen Funktionalitäten des Injektors 71 sind einem Fachmann auf

dem Gebiet der Einspritztechnik ohnehin bekannt und bedürfen deshalb keiner näheren Erläuterung.

Der Injektor 71 hat einen Hochdruckanschluss 73. Über den  
5 Hochdruckanschluss 73 wird der Injektor 71 mit unter hohem  
Druck stehenden Kraftstoff (nicht dargestellt) versorgt.  
Wenn eine Einspritzung in den nicht dargestellten Brennraum  
einer Brennkraftmaschine erfolgen soll, hebt eine  
Düsennadel 75 von ihrem nicht dargestellten Sitz ab und  
10 gibt ebenfalls nicht dargestellte Spritzlöcher frei.  
Gesteuert wird die Düsennadel 75 über ein Steuerventil 77,  
welches über einen piezoelektrischen Aktor 79 betätigt  
wird. Zwischen dem piezoelektrischen Aktor 79 und dem  
Steuerventil 77 ist ein hydraulischer Koppler 81  
15 angeordnet, welcher auf der rechten Seite von Figur 2  
vergrößert dargestellt ist.

Der hydraulische Koppler 81 besteht im Wesentlichen aus  
einem Ventilkolben 83 und einem Übersetzerkolben 85, die in  
20 einem Kopplergehäuse 86 geführt werden. Zwischen dem  
Ventilkolben 83 und dem Übersetzerkolben 85 ist ein  
Kopplerspalt 87 vorhanden, welcher mit Kraftstoff (nicht  
dargestellt) gefüllt ist. Dieser Kopplerspalt 87 ist unter  
anderem deswegen notwendig, weil sich die  
25 Temperatúrausdehnungskoeffizienten des piezoelektrischen  
Aktors 79 und der metallischen Bauteile des Injektors 71  
stark unterscheiden.

Mit seinem Ventilkolben 83 betätigt der hydraulische  
30 Koppler 81 das Steuerventil 77, während der  
Übersetzerkolben 85 mit einem Vorsprung 89 an den  
piezoelektrischen Aktor 79 anliegt. Der Übersetzerkolben 85  
wird über einen erfindungsgemäßen Hohlkörper 4, welcher auf  
Druck vorgespannt ist, gegen den piezoelektrischen Aktor 79

gepresst, so dass dieser mit einer Druckvorspannung beaufschlagt wird. Dabei stützt sich der Hohlkörper mit seinem ersten Ende 15 gegen einen Absatz 91 des Kopplergehäuses 86 ab. Mit seinem zweiten Ende 17 stützt sich der Hohlkörper 4 gegen eine Einstellscheibe 93 ab. Über die Einstellscheibe 93 wird die Federkraft des Hohlkörpers 4 auf den Vorsprung 89 des Übersetzerkolbens 85 und damit auf den piezoelektrischen Aktor 79 übertragen.

10 Damit der Hohlkörper 4 konzentrisch zum hydraulischen Koppler 81 und damit auch konzentrisch zum piezoelektrischen Aktor 79 angeordnet ist, ist der Durchmesser  $D_1$  des Absatzes 91 so auf den Innendurchmesser des Hohlkörpers 4 abgestimmt, dass der Hohlkörper 4 leicht  
15 aufgeweitet wird, wenn er auf den Absatz 91 aufgeschoben wird. Da der erfindungsgemäße Hohlkörper 4 eine sich über die gesamte Länge des Hohlkörpers 4 erstreckende erste Fuge 31 (nicht dargestellt) aufweist, lässt sich der Hohlkörper 4 relativ leicht so weit aufweiten, dass er auf den Absatz  
20 91 passt.

Wenn, wie bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 2, der Hohlkörper 4 mit einer Druckvorspannung beaufschlagt wird, genügt es, wenn dieser sich an seinen Enden 17 und 15 in  
25 axialer Richtung abstützen kann, wie dies in Figur 2 dargestellt ist. Um die radiale Fixierung des Hohlkörpers 4 weiter zu verbessern, kann in dem Absatz 91 und/oder in der Einstellscheibe 93 alternativ oder zusätzlich eine Ringnut (nicht dargestellt) vorgesehen sein.

30 In Figur 3 ist eine Platine 9 dargestellt, aus der ein erfindungsgemäßer Hohlkörper 4 gewickelt werden kann. In der Platine 9 ist eine Vielzahl von Ausnehmungen 7 ausgestanzt. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind nicht

alle Ausnehmungen 7, die bei dem in Figur 3 dargestellten Ausführungsbeispiel eine knochenförmige Form haben, mit Bezugszeichen versehen. Die Platine 9 ist rechteckig, wobei zwei einander gegenüberliegende Kanten 11 und 13 der  
5 Platine 9 von den Ausnehmungen 7 unterbrochen werden, während die einander gegenüberliegenden Kanten 15 und 17 gerade verlaufen und nicht von den Ausnehmungen 7 unterbrochen werden.

Die Platine 9 wird so zu einem zylindrischen oder  
10 vieleckigen Hohlkörper gewickelt, dass die Kanten 15 und 17 das erste Ende 15 und das zweite Ende 17 des Hohlkörpers 4 bilden (siehe Figur 4) bilden. Das heißt, die in Figur 4 und 5 nicht dargestellte Längsachse 35 des Hohlkörpers 4 verläuft parallel zu den Kanten 11 und 13.

15 Wenn die Platine 9 in der oben genannten Weise zu einem Zylinder oder einem Vieleck gebogen wurde, berühren sich die Kanten 11 und 13 und bilden eine erste Fuge 31 (siehe Fig. 4 und 5), die parallel zur Längsachse 35 des  
20 Hohlkörpers 4 verläuft.

In der Platine 9 sind immer mehrere Ausnehmungen 7 in einer Reihe hintereinander angeordnet. Sie werden durch Stege 19 zwischen den Ausnehmungen getrennt. Auch bei den Stegen 19  
25 wurde darauf verzichtet, alle Stege der Platine 9 mit Bezugszeichen zu versehen, um die Übersichtlichkeit nicht zu beeinträchtigen. Wenn die Platine 9 zu einem Hohlkörper in der zuvor beschriebenen Weise gebogen wird, liegen die hintereinander angeordneten Ausnehmungen 7 in einer Ebene.  
30 Beispielhaft ist in Figur 3 eine Reihe von Ausnehmungen 7, die hintereinander angeordnet sind, durch eine Linie 20 gekennzeichnet. Bei dem in Figur 3 dargestellten Ausführungsbeispiel einer Platine 9 sind 16 Reihen von

sechs Ausnehmungen 7 zwischen der Kante 15 und der Kante 17 angeordnet.

Wie aus Figur 3 ersichtlich, sind die Ausnehmungen 7 zweier  
5 benachbarter Reihen versetzt zueinander angeordnet. Dabei  
ist der Versatz so gewählt, dass er der halben Länge einer  
Ausnehmung 7 und eines Stegs 19 entspricht. Dieses Maß ist  
in der Figur 3 exemplarisch für eine Ausnehmung und zwei  
halbe Stege 19 durch den Doppelpfeil 21 angedeutet. Dieses  
10 Maß wird auch als "Rapport" bezeichnet. Der Versatz  
zwischen den Ausnehmungen 7 zweier benachbarter Reihen von  
Ausnehmungen ist in Figur 3 mit dem Bezugszeichen 23  
bezeichnet.

15 Wenn man die Platine 9 zu einem Hohlkörper 4 (siehe Fig. 4  
oder 5) aufrollt und diesen Hohlkörper 4 an seinen  
Stirnseiten über eine obere Abdeckplatte 5 (siehe Figur 1  
und 8) und eine untere Abdeckplatte 6 (siehe Figur 1 und 8)  
mit einer Druckkraft beaufschlagt, dann hat die zwischen  
20 oberer Abdeckplatte 5 und der Kante 15 wirkende Kraft F  
über den Umfang des Hohlkörpers 4 den durch die Linie 25  
qualitativ dargestellten Verlauf. Der Umfangswinkel  $\phi$   
beginnt an der Kante 13 mit  $0^\circ$  und endet an der Kante 11  
mit  $360^\circ$ .

25 Es zeigt sich, dass immer dort, wo ein Steg 19 die Kante 15  
"abstützt", eine große Kraft F, angedeutet durch die Maxima  
27 der Linie 25, übertragen werden kann. Die einzige  
Ausnahme existiert dort, wo die Kanten 11 und 13 aneinander  
30 stoßen. Dort schwächt die "durchgeschnittene" Ausnehmung 7  
mit ihren Teilen 7' und 7'' die Struktur der Platine 9, so  
dass die an dieser Stelle zwischen oberer Abdeckplatte 5  
und Hohlkörper 4 übertragene Kraft F geringer ist. Dieser  
Sachverhalt ist in Figur 3 durch den im Vergleich mit den

Maxima 27 deutlich geringeren Wert für die Kraft  $F$ , bei  $\varphi = 0^\circ$  und bei  $\varphi = 360^\circ$  dargestellt.

Ähnlich verhält es sich an der Kante 17. Wie aus Figur 3  
5 ersichtlich, befindet sich in unmittelbarer Nähe der Kante 17 bei  $\varphi = 0^\circ$  und  $360^\circ$  eine angeschnittene Ausnehmung, bestehend aus den Teilen 7' und 7'', während sich in unmittelbarer Nähe der Kante 15 bei  $\varphi = 0^\circ$  und  $360^\circ$  ein aufgetrennter Steg 19 mit den Hälften 19' und 19''  
10 befindet. Daraus ergibt sich ein etwas anderer Kräfteverlauf über den Umfang der Kante 17.

Es gibt dort, wie aus dem unteren  $F$ - $\varphi$ -Diagramm in Figur 3  
15 ersichtlich, vier Maxima 27 und zwei weitere lokale Maxima 29 in der Nähe der Kante 11 und 13 bei den Winkeln  $\varphi = 30^\circ$  und  $330^\circ$ , die deutlich kleiner als die Maxima 27 sind.

Wegen dieser über den Umfang ungleichen Kraftübertragung  
20 zwischen oberer Abdeckplatte 6 und der Kante 15 einerseits sowie der unteren Abdeckplatte 5 und der Kante 17 andererseits wird ein auf die obere Abdeckplatte 6 und die untere Abdeckplatte 5 wirkendes Biegemoment von dem Hohlkörper 4 erzeugt, wenn der Hohlkörper 4 mit einer Vorspannung an der oberen und der unteren Abdeckplatte 6, 5  
25 befestigt wird. Dieses Biegemoment wird naturgemäß auch auf den piezoelektrischen Aktor 1 übertragen, was sich ungünstig auf dessen Betriebssicherheit und Lebensdauer auswirkt. Außerdem ist dieses Biegemoment auch an den von der Aktoreinheit betätigten hydraulischen Ventilgliedern  
30 nicht erwünscht.

In Figur 4 ist ein Hohlkörper 4, der aus einer in Fig. 3 dargestellten Platine 9 hergestellt wurde, perspektivisch dargestellt. Die Reihen von Ausnehmungen 7, die in Figur 4

nicht einzeln bezeichnet sind, bilden 16 Ebenen  $E_1$  bis  $E_{16}$ , welche senkrecht zur Längsachse 35 des Hohlkörpers 4 verlaufen. Andeutungsweise ist in Fig. 4 zur Veranschaulichung eine Ebene  $E_2$  dargestellt. Ebenso ist in Fig. 4 die Wandstärke  $s$  des Hohlkörpers 4 eingezeichnet.

Erfindungsgemäß wird deshalb vorgesehen, an den Kanten 15 und 17 am Winkel  $\varphi = 180^\circ$  eine zweite Fuge 33 vorzusehen. Diese zweite Fuge 33 wird nachfolgend anhand der Figuren 5 ff erläutert. Der in diesen Figuren dargestellte Hohlkörper 4 ist aus der in Figur 1 dargestellte Platine 9 gewickelt worden. Die Kante 17 bildet ein erstes Ende des Hohlkörpers 4, während die Kante 15 ein zweites Ende des Hohlkörpers 4 bildet.

In den Figuren 4 und 5 ist deutlich zu ersehen, dass sich die Kanten 11 und 13 der Platine 9 (siehe Figur 3) an dem Hohlkörper 4 gegenüberliegen. Sie sind nicht miteinander verschweißt, so dass sich die anhand der Figur 3 beschriebenen Änderungen (Querkraftkraft, Biegemoment) in axialer Richtung des Hohlkörpers 4 an der durch die Kanten 11 und 13 gebildeten ersten Fuge 31 einstellen.

Erfindungsgemäß wird nun vorgesehen, in dem Hohlkörper 4 um  $180^\circ$  zur ersten Fuge 31 versetzt eine oder zwei zweite Fugen 33 vorzusehen (siehe Fig. 5 und 6). Dabei sind die zweiten Fugen 33 bei den Ausführungsbeispielen gemäß Figuren 5 und 6 nur so lang, dass sie eine Ausnehmung 7 erreichen. Dadurch wird der Hohlkörper 4 bei einem Umfangswinkel  $\varphi = 180^\circ$  ebenfalls geschwächt und das Maximum 27 bei am Umfangswinkel  $\varphi = 180^\circ$  verringert sich deutlich. Im Ergebnis führt diese Maßnahme dazu, dass die von dem Hohlkörper 4 auf den piezoelektrischen Aktor 1, 79 ausgeübte Federkraft ausschließlich in axialer Richtung

verläuft. Biegemomente oder Kräfte in radialer Richtung werden nicht in den piezoelektrischen Aktor 1, 79 eingeleitet.

5 In Figur 6 ist ein zweites Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Hohlkörpers dargestellt. Der wesentliche Unterschied besteht darin, dass eine ungerade Anzahl von Reihen von Ausnehmungen 7, nämlich 17, vorgesehen sind. Deshalb ist der Abschluss der ersten Fuge 31 an der Kante  
10 17 und an der Kante 15 gleich. Dadurch ist der Kraftverlauf an der Kante 15 und an der Kante 17 gleich und entspricht dem in Figur 3 im Zusammenhang mit der Kante 17 dargestellten Kraftverlauf. Da der Kraftverlauf an beiden Enden 15 und 17 des Hohlkörpers 4 symmetrisch ist, wird das  
15 Federverhalten des erfindungsgemäßen Hohlkörpers 4 weiter verbessert. Die 17 Reihen von Ausnehmungen 7, die in Figur 6 nicht einzeln bezeichnet sind, bilden 17 Ebenen  $E_1$  bis  $E_{17}$ , welche senkrecht zur Längsachse 35 des Hohlkörpers 4 verlaufen.

20 Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 7 erstreckt sich die zweite Fuge 33 von der Kante 17 bis zur Kante 15 ausgeführt, so dass der Hohlkörper 4 aus zwei zylindrischen Halbschalen 4a und 4b besteht. Dadurch wird die zwischen  
25 den Kanten 17 und 15 und der oberen Abdeckplatte 6 sowie der unteren Abdeckplatte 5 (nicht dargestellt) über den Umfang übertragbare Kraft weiter vergleichmäßigt.

In Figur 8 ist ein mit einem Hohlkörper gemäß Figur 6 oder  
30 7 ausgerüstete Aktoreinheit stark vereinfacht im Teillängsschnitt dargestellt. Damit der Hohlkörper 4, von dem nur die eine Hälfte 4a im Schnitt dargestellt ist, in radialer Richtung fixiert ist, weist die obere Abdeckplatte 6 einen Absatz 37 auf. Durch diesen Absatz 37 wird der

Hohlkörper 4 radial fixiert. In der unteren Abdeckplatte 5 ist zur radialen Fixierung des Hohlkörpers 4 eine Ringnut 39 vorgesehen. Selbstverständlich kann auch in der oberen Abdeckplatte 6 eine Ringnut (nicht dargestellt) vorgesehen werden. Bei der in Fig. 8 dargestellten Aktoreinheit können nicht nur zweiteilige Hohlkörper 4, sondern auch andere erfindungsgemäße Hohlkörper, wie sie z. B. in den Figuren 3 bis 6 dargestellt sind, eingebaut werden.

10 In Figur 9 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Aktoreinheit, welche mit einem zweiteiligen Hohlkörper 4 ausgerüstet ist, im Teillängsschnitt sowie in einer Ansicht von oben dargestellt. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist auch die  
15 obere Abdeckplatte 6 zweiteilig ausgeführt. Die beiden Teile der oberen Abdeckplatte 6 sind in Figur 9 mit 6a und 6b bezeichnet. Je einer der beiden Kontaktstifte 2 sind mit je einem Teil 6a, 6b der oberen Abdeckplatte 6 elektrisch leitend verbunden. Über die obere Abdeckplatte 6a und 6b  
20 wird der Aktor 1 elektrisch angeschlossen. Die Details der elektrischen Verbindung zwischen Aktor 1 und den Teilen 6a und 6b der oberen Abdeckplatte sind in Figur 9 nicht dargestellt. Allerdings ist es einem Fachmann auf dem Gebiet der Konstruktion und der Fertigung von elektrischen  
25 Aktoren geläufig, wie eine solche Kontaktierung vorgenommen wird. Bei dem in Figur 9 dargestellten Ausführungsbeispiel ist der Teil 4a des Hohlkörpers 4 mit dem Teil 6a der oberen Abdeckplatte verschweißt, was durch eine stilisierte Schweißnaht 41 angedeutet ist. Ebenso ist der Teil 4b des  
30 Hohlkörpers mit dem Teil 6b der oberen Abdeckplatte 6 durch eine Schweißnaht 41 verbunden. Die Schweißnaht 41 übernimmt auch die radiale Fixierung des Hohlkörpers 4a, 4b.

Zwischen den Teilen 6a und 6b der oberen Abdeckplatte ist ein Isolator 43, welcher bevorzugt aus Keramik hergestellt wird, vorgesehen, um die Kontaktstifte 2 sowie die Teile 6a und 6b der oberen Abdeckplatte 6 elektrisch voneinander zu trennen. Des Weiteren ist bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 9 noch eine Sicherungsspanne 45 vorgesehen, welche für den Zusammenhalt von Isolator 43 sowie der Teile 6a und 6b der oberen Abdeckplatte sorgt.

10 Zwischen dem Hohlkörper 4a, 4b und dem Aktor 1 ist ein flexibles Bindemittel 47 vorhanden, welches bevorzugt aus kunststoffgebundenem Metall oder einem weichen Lot besteht.

15 In Figur 9 ist des Weiteren ein Schnitt durch die erfindungsgemäße Aktoreinheit entlang der Linie A-A dargestellt.

In Figur 10 a und Figur 10b werden zwei weitere Ausführungsformen erfindungsgemäßer Hohlkörper 4 perspektivisch dargestellt. Bei diesen Ausführungsformen wird, anders als bei den zuvor beschriebenen Ausführungsformen, eine Vermeidung der Querkraft des Hohlkörpers auf der der ersten Fuge 31 gegenüberliegenden Seite ( $\phi$  ungefähr gleich  $180^\circ$ ) dadurch erreicht, dass dort eine Aussparung 51 vorgesehen wird. Die Aussparung 51 führt zu einer gezielten Schwächung des Hohlkörpers 4 an der der ersten Fuge 31 gegenüberliegenden Seite, so dass im Ergebnis der Hohlkörper 4 eine ausschließlich in axialer Richtung auf den piezoelektrischen Aktor 1, 79 ausübt. Der einzige Unterschied zwischen den Ausführungsformen gemäß Figur 10a und 10b liegt in der Form der Aussparungen 51. Bei der Ausführungsform gemäß Figur 10a hat die Aussparung 51 die Form eines Kreissegments, während bei der Ausführungsform gemäß Figur 10b die Aussparung 51

rechteckig ausgeführt. Die genaue Festlegung der Form der Aussparungen 51 und der Dimensionierung kann von einem Fachmann auf dem Gebiet der FEM-Berechnung ohne weiteres für jeden Anwendungsfall festgelegt werden.

5

In manchen Fällen hat es sich als vorteilhaft erwiesen, wenn auch im Bereich der ersten Fuge 31 Aussparungen 53 vorgesehen sind.

- 10 Die in den Figuren 10a und 10b nicht dargestellten ersten Enden 15 des Hohlkörpers 4 können gleich wie die zweiten Enden 17 ausgeführt werden.
- Anhand der Figur 11 wird nachfolgend erläutert, wie das erfindungsgemäße Kraftstoffeinspritzventil 116 in eine
- 15 Kraftstoffeinspritzanlage 102 einer Brennkraftmaschine integriert ist. Die Kraftstoffeinspritzanlage 102 umfasst einen Kraftstoffbehälter 104, aus dem Kraftstoff 106 durch eine elektrische oder mechanische Kraftstoffpumpe 108 gefördert wird. Über eine Niederdruck-Kraftstoffleitung 110
- 20 wird der Kraftstoff 106 zu einer Hochdruck-Kraftstoffpumpe 111 gefördert. Von der Hochdruck-Kraftstoffpumpe 111 gelangt der Kraftstoff 106 über eine Hochdruck-Kraftstoffleitung 112 zu einem Common-Rail 114. An dem Common-Rail sind mehrere Kraftstoffeinspritzventile 116
- 25 angeschlossen, die den Kraftstoff 106 direkt in Brennräume 118 einer nicht dargestellten Brennkraftmaschine einspritzen.

- Es versteht sich von selbst, dass jedes der in der
- 30 Beschreibung, den Zeichnungen oder den Patentansprüchen beschriebenen Merkmale einzeln oder in Kombination mit anderen Merkmalen erfindungswesentlich sein kann.

5

## 10 Ansprüche

1. Aktoreinheit mit einem in einem Hohlkörper (4) angeordneten piezoelektrischen Aktor (1), wobei der Hohlkörper (4) elastisch ausgebildet ist und den Aktor (1)  
15 vorspannt, und wobei der Hohlkörper (4) mit Ausnehmungen versehen ist und eine parallel zu einer Längsachse (35) verlaufende erste Fuge (31) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens an einem ersten Ende (17) des Hohlkörpers (4) eine der ersten Fuge (31)  
20 gegenüberliegend angeordnete zweite Fuge (33) vorgesehen ist.
2. Aktoreinheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass an einem zweiten Ende (15) des Hohlkörpers (4) eine der ersten Fuge (31) gegenüberliegend angeordnete zweite  
25 Fuge (33) vorgesehen ist.
3. Aktoreinheit nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass sich die zweite Fuge (33) von dem ersten Ende (17) bis zum zweiten Ende (15) des Hohlkörpers (4) erstreckt.
4. Aktoreinheit mit einem in einem Hohlkörper (4) angeordneten piezoelektrischen Aktor (1), wobei der Hohlkörper (4) elastisch ausgebildet ist und den Aktor (1)  
30 vorspannt, und wobei der Hohlkörper (4) mit Ausnehmungen

versehen ist und eine parallel zu einer Längsachse (35) verlaufende erste Fuge (31) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens an einem ersten Ende (17) des Hohlkörpers (4) eine der ersten Fuge (31) gegenüberliegend angeordnete erste Ausnehmung (51) vorgesehen ist.

5. Aktoreinheit nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass an einem zweiten Ende (15) des Hohlkörpers (4) eine der ersten Fuge (31) gegenüberliegend angeordnete weitere Aussparung (51) vorgesehen ist.

6. Aktoreinheit nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass am ersten Ende (17) und/oder am zweiten Ende (15) des Hohlkörpers (4) im Bereich der ersten Fuge (31) je eine Aussparung (53) vorgesehen ist.

7. Aktoreinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Hohlkörper (4) an seinem ersten Ende (17) mit einer oberen Abdeckplatte (6) oder einer Einstellscheibe (93) verbunden ist.

8. Aktoreinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Hohlkörper (4) an seinem ersten Ende (17) radial fixiert wird.

9. Aktoreinheit nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Hohlkörper (4) an seinem ersten Ende (17) radial in der oberen Abdeckplatte (6) oder in der Einstellscheibe (93), insbesondere durch eine Ringnut (39) oder einen Absatz (37), fixiert wird.

10. Aktoreinheit nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Hohlkörper (4) mit seinem ersten Ende (17) durch Schweissen (41) an der oberen Abdeckplatte (6) befestigt ist.

11. Aktoreinheit nach einem der Ansprüche 4 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontaktierung eines in dem Hohlkörper (4) befindlichen Piezo-Aktors (1) über die obere Abdeckplatte (6a, 6b) erfolgt.
- 5 12. Aktoreinheit nach einem der Ansprüche 4 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die obere Abdeckplatte (6) zweiteilig ausgeführt ist, und dass zwischen den zwei Teilen (6, a, 6b) der oberen Abdeckplatte (6) eine Trennfuge vorhanden ist.
- 10 13. Aktoreinheit nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Fuge (31) und die zweite Fuge (33) in die Trennfuge der oberen Abdeckplatte (6a, 6b) münden.
14. Aktoreinheit nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die obere Abdeckplatte (6, 6a, 15 6b) durch einen Isolator (43), insbesondere einen Isolator aus Keramik, elektrisch isoliert wird.
15. Aktoreinheit nach einem der Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die obere Abdeckplatte (6, 6a, 6b) durch eine Sicherungsklammer (45) oder einen 20 Sicherungsdeckel zusammengehalten wird.
16. Aktoreinheit nach einem der Ansprüche 11 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Hohlkörper (4) und dem Piezo-Aktor (1) ein flexibles Bindemittel (47), insbesondere kunststoffgebundenes Metall oder ein weiches 25 Lot, vorhanden ist.
17. Aktoreinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Hohlkörper (4) an seinem zweiten Ende (15) radial fixiert wird.
18. Aktoreinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, 30 dadurch gekennzeichnet, dass der Hohlkörper (4) an seinem

zweiten Ende (15) mit einer unteren Abdeckplatte (5) oder einem Kopplergehäuse (86) verbunden ist.

19. Aktoreinheit nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass der Hohlkörper (4) an seinem zweiten Ende (15) radial  
5 in der unteren Abdeckplatte (5) oder in dem Kopplergehäuse (86), insbesondere durch eine Ringnut (39) oder einen Absatz (91), fixiert wird.

20. Aktoreinheit nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass der Hohlkörper (4) mit seinem zweiten Ende (15) durch  
10 Schweissen (41) an der unteren Abdeckplatte (5) befestigt ist.

21. Aktoreinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausnehmungen (7) knochenförmig ausgebildet sind und quer zu einer Längsachse  
15 (35) des Hohlkörpers (4) verlaufen.

22. Aktoreinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Ausnehmungen (7) in einer Ebene ( $E_2$ ) hintereinander angeordnet sind, und dass die Ebene ( $E_2$ ) mit der Längsachse (35) des Hohlkörpers (4)  
20 einen rechten Winkel bildet.

23. Aktoreinheit nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass eine gerade Zahl von Ausnehmungen (7) in einer Ebene ( $E_2$ ) vorhanden ist.

24. Aktoreinheit nach einem der Ansprüche 22 oder 23, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Ebenen ( $E_1$ ) mit  
25 Ausnehmungen (7) vorgesehen sind, und dass die Ebenen ( $E_1$ ) parallel zueinander verlaufen.

25. Aktoreinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausnehmungen (7) zweier

benachbarter Ebenen ( $E_1$ ) zueinander versetzt (23) angeordnet sind.

26. Aktoreinheit nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass der Versatz (23) der Ausnehmungen (7) zweier  
5 benachbarter Ebenen gleich dem halben Rapport (21) der Ausnehmungen (7) einer Ebene ( $E_1$ ) ist.

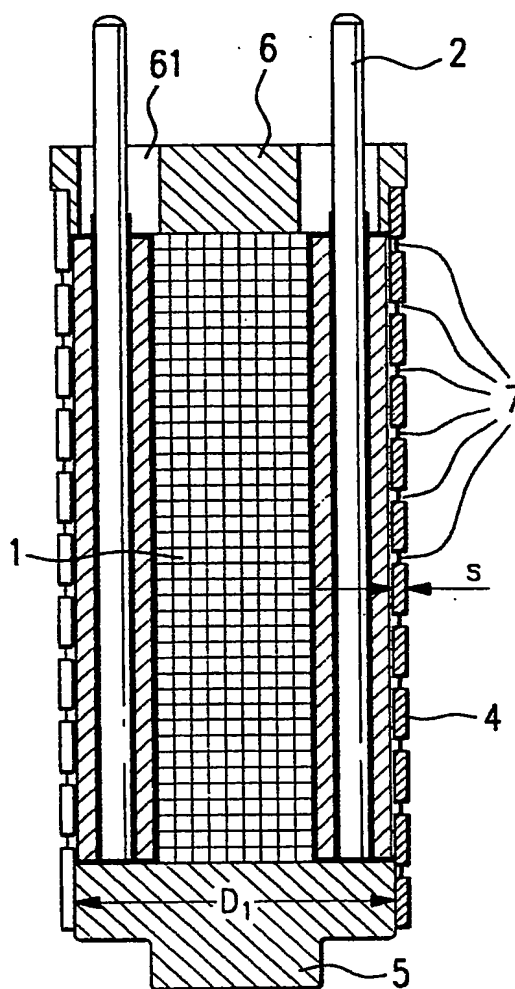
27. Aktoreinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Hohlkörper (4) einen kreisrunden Querschnitt hat.

10 28. Aktoreinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Querschnitt des Hohlkörpers (4) die Form eines regelmäßigen Vielecks hat.

29. Aktoreinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der piezoelektrische Aktor (1)  
15 in dem Hohlkörper (4) angeordnet ist, und dass der piezoelektrische Aktor (1) durch den vorgespannten Hohlkörper (4) auf Druck belastet wird.

30. Aktoreinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der piezoelektrische Aktor (1)  
20 außerhalb des Hohlkörpers (4) angeordnet ist, und dass der piezoelektrische Aktor (1) durch den vorgespannten Hohlkörper (4) auf Druck belastet wird.

1 / 9

*Fig. 1*

2 / 9

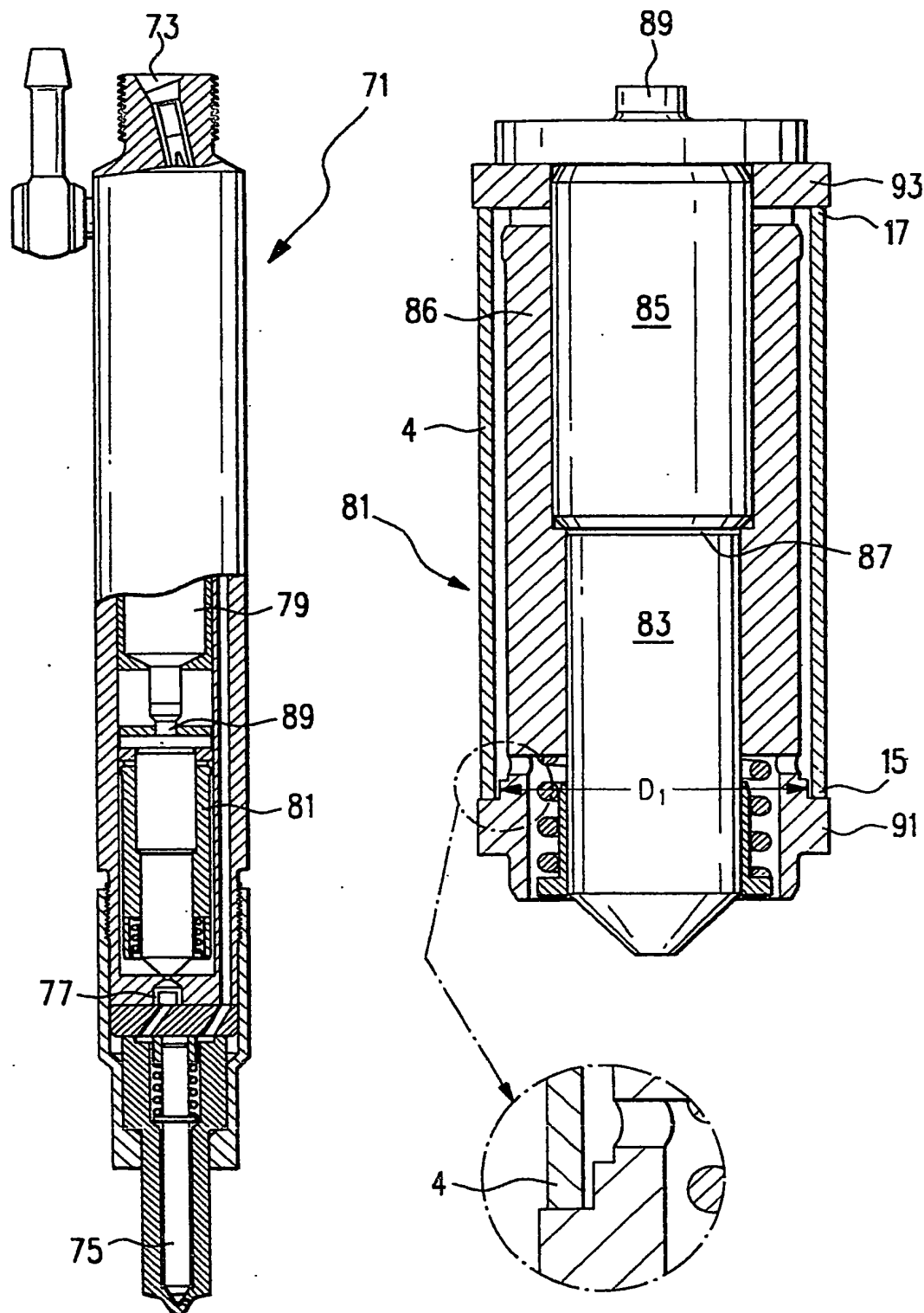


Fig. 2

3 / 9

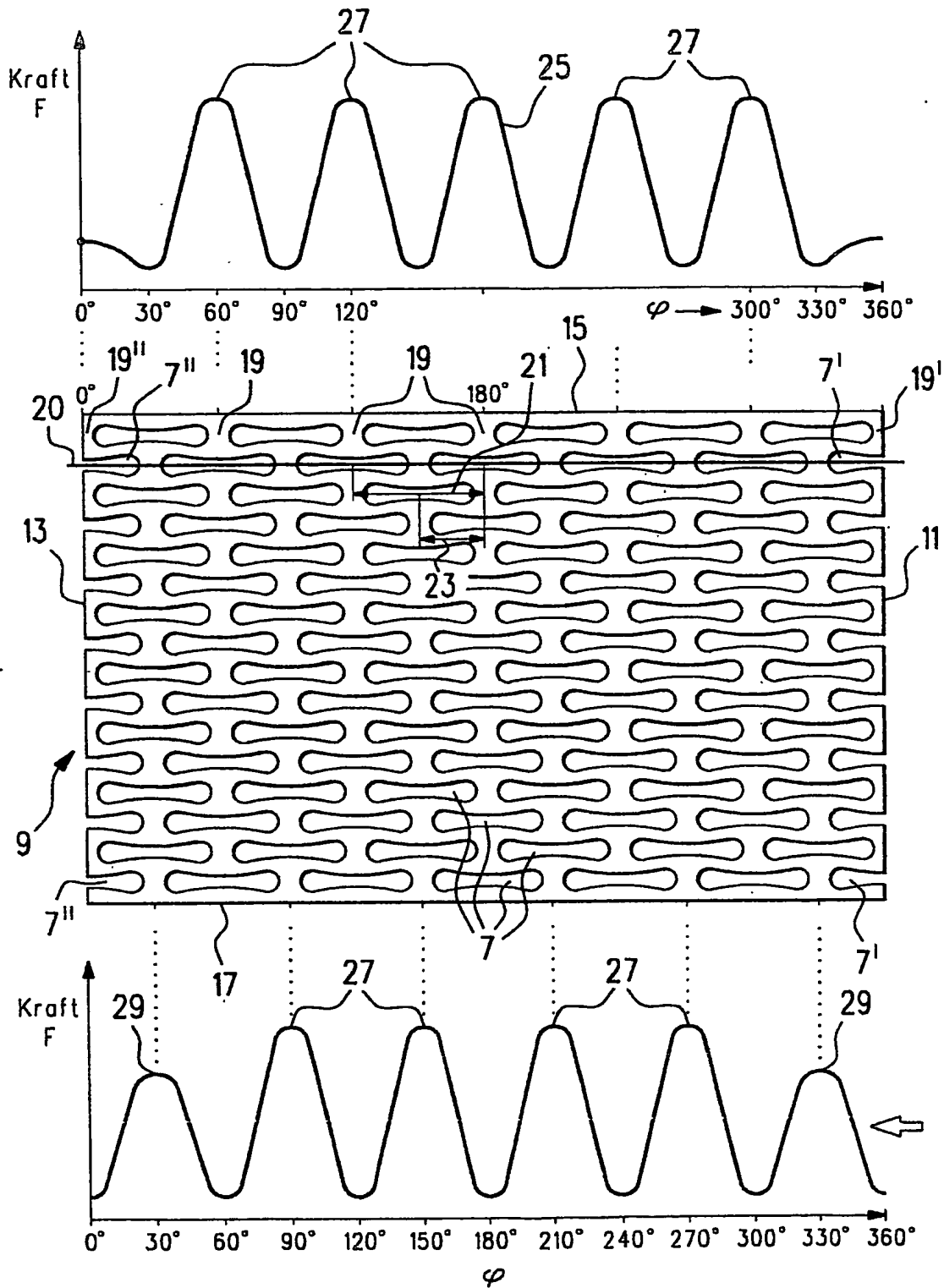
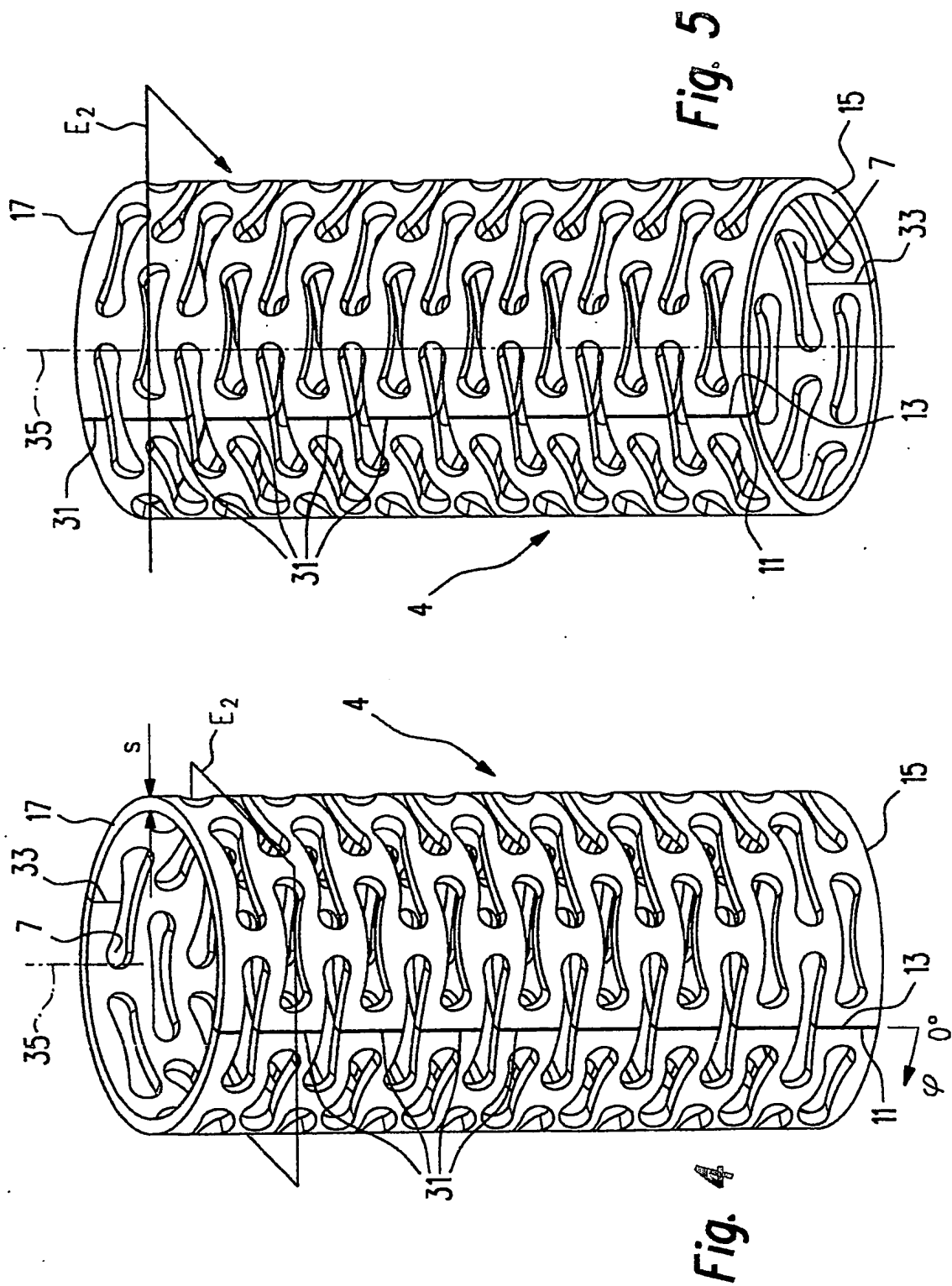
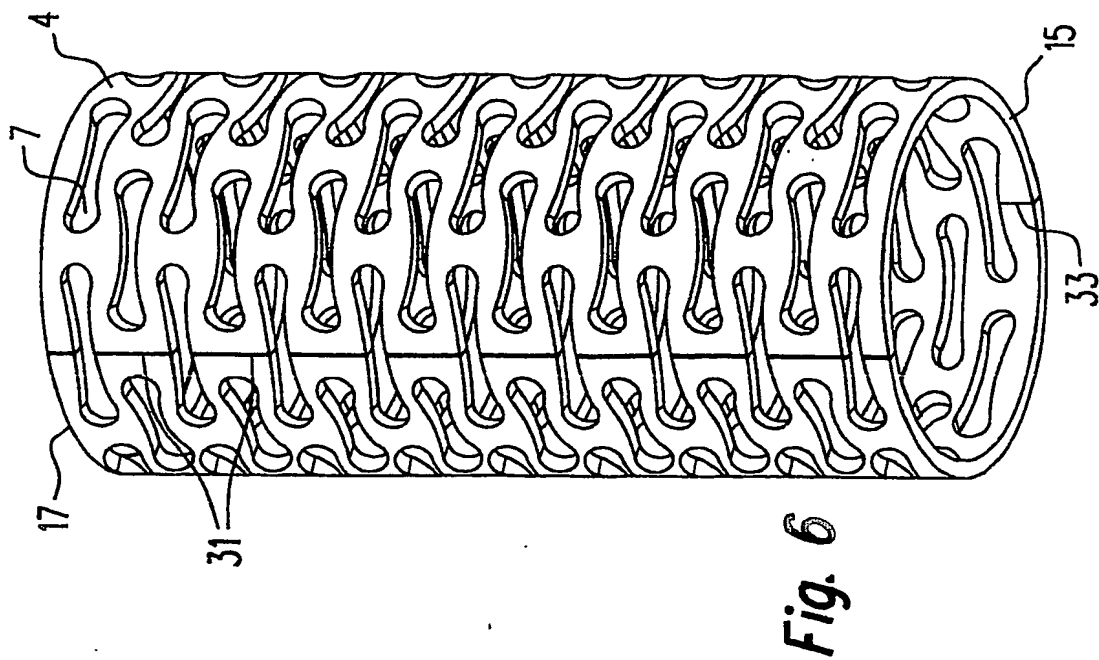
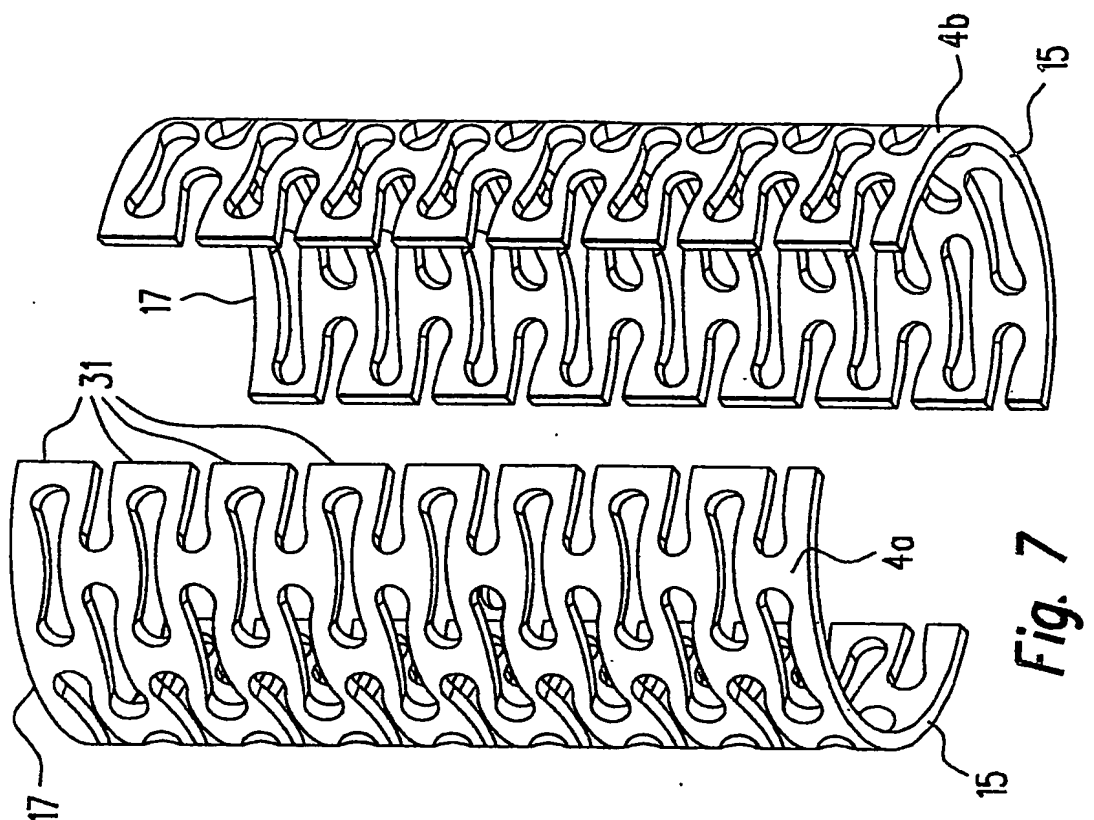


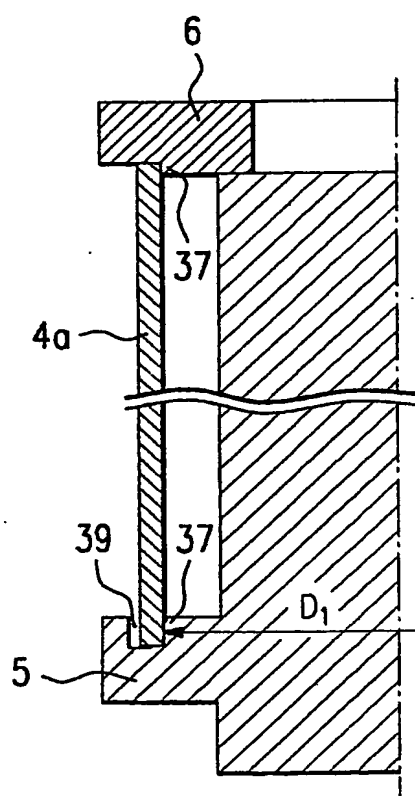
Fig. 3



5 / 9

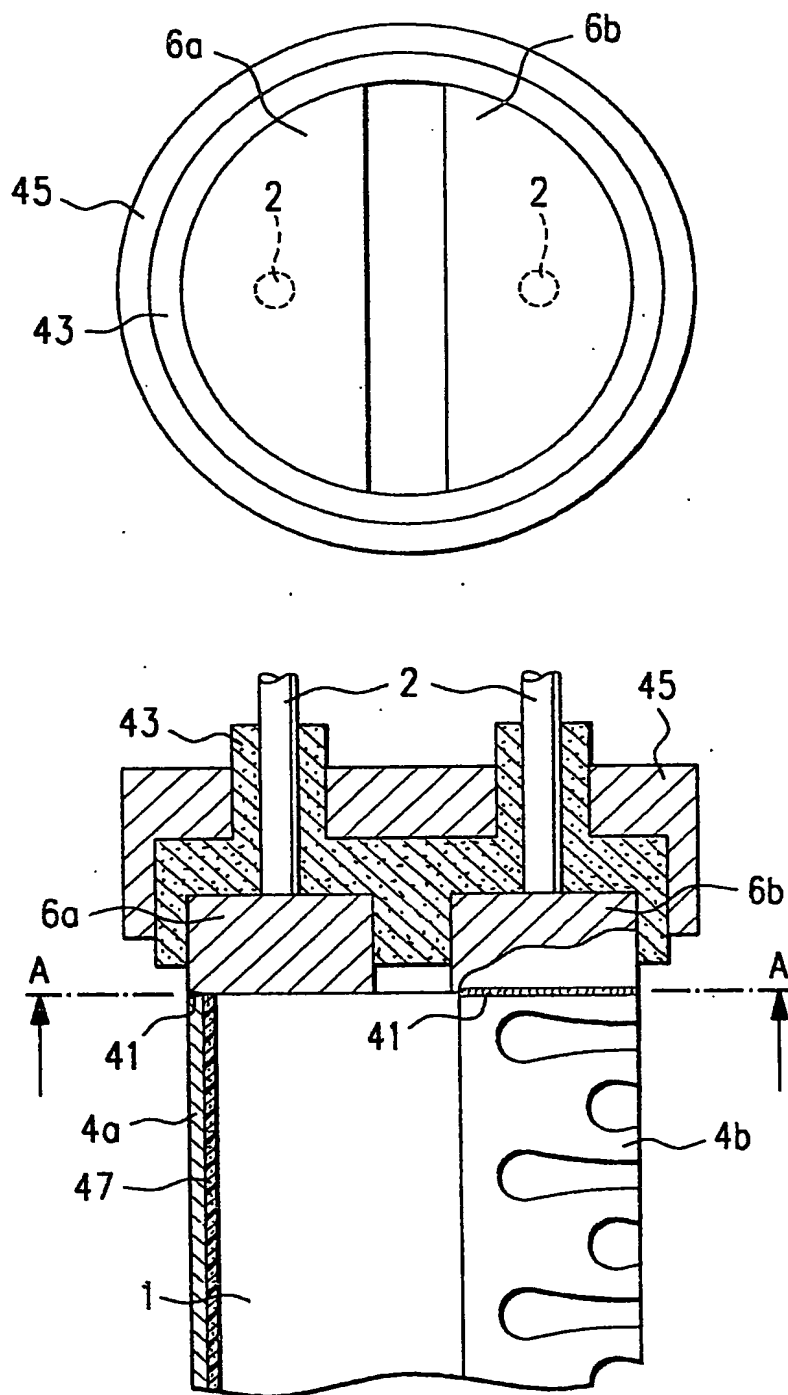


6 / 9



*Fig. 8*

7 / 9

*Fig. 9*

8 / 9

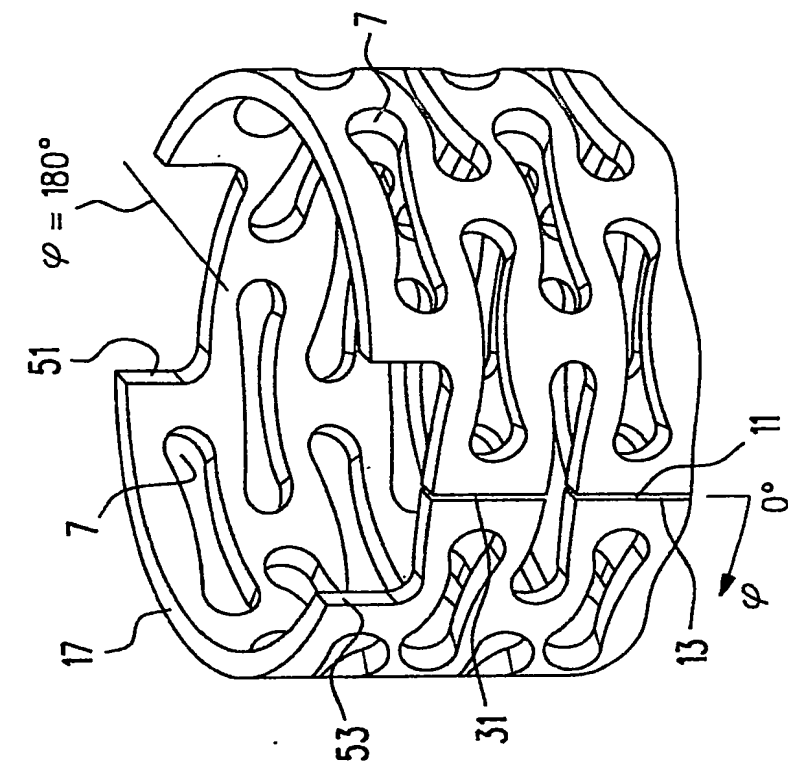


Fig. 10b

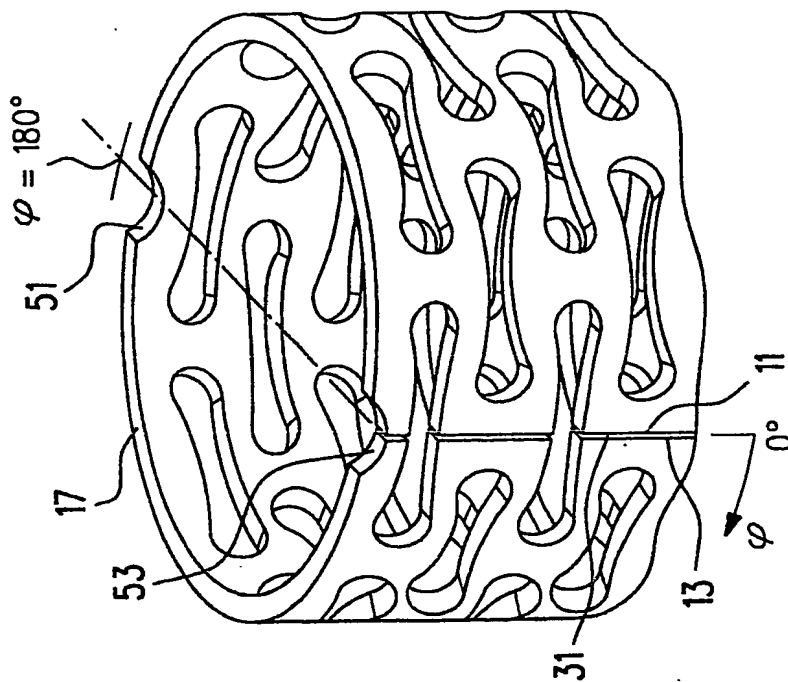
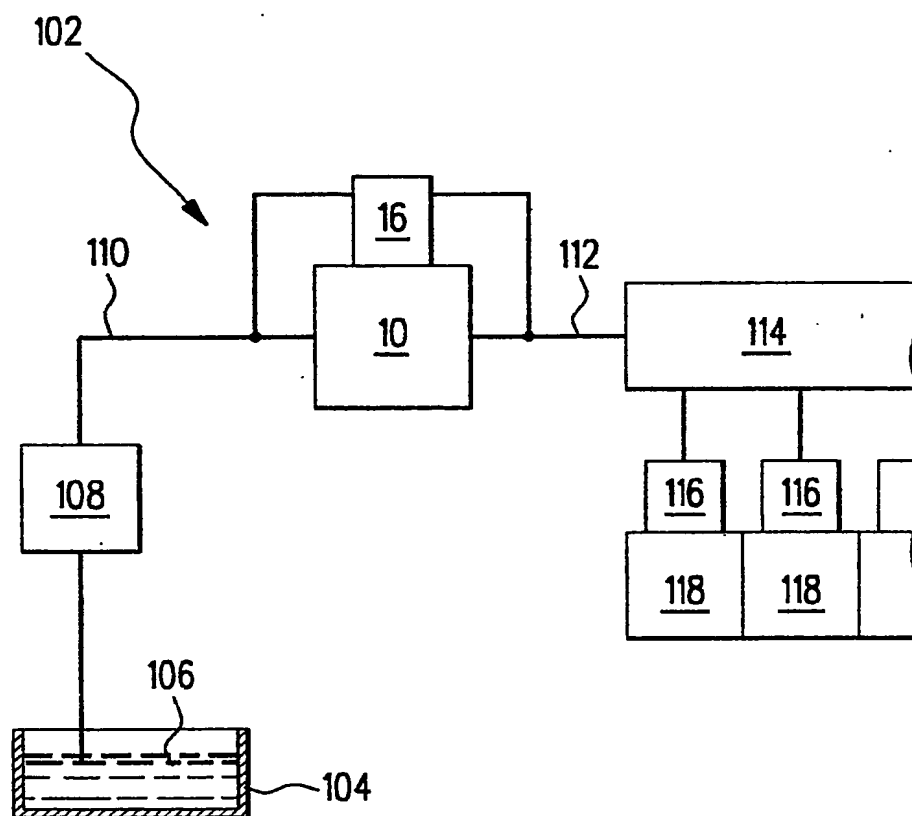


Fig. 10a

9 / 9

*Fig. 11*

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/DE2004/000569

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H01L41/053 H01L41/083 F02M51/06 H02N2/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01L H02N F16F F02M F16K F04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 00/08353 A (FRANK WILHELM ; VOIGT ANDREAS (DE); LEWENTZ GUENTER (DE); SIEMENS AG ( ) 17 February 2000 (2000-02-17) cited in the application page 6, line 6 - page 7, line 4	1-29
A	WO 03/019688 A (BOSCH GMBH ROBERT) 6 March 2003 (2003-03-06) page 3, line 9 - page 6, line 9	1-29
A	WO 99/08330 A (FRANK WILHELM ; VOIGT ANDREAS (DE); LEWENTZ GUENTER (DE); SIEMENS AG ( ) 18 February 1999 (1999-02-18) page 8, line 11 - page 9, line 16	1-29
	-/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

5 October 2004

Date of mailing of the international search report

11/10/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Meul, H

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/DE2004/000569

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
E	DE 103 10 787 A (BOSCH GMBH ROBERT) 23 September 2004 (2004-09-23)  claims 1-8; figures 2A,2B -----	1-3,7,8, 10,11, 17-22, 24,25, 27,29
E	DE 102 60 363 A (BOSCH GMBH ROBERT) 8 July 2004 (2004-07-08)  paragraph '0008! - paragraph '0012! paragraph '0034! - paragraph '0035! figures 1,4,7,8 -----	1-3,7,8, 10,17, 18,20, 22-25, 28,29

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE2004/000569

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
WO 0008353	A	17-02-2000	WO	0008353 A1		17-02-2000
			EP	1021662 A1		26-07-2000
WO 03019688	A	06-03-2003	DE	10140196 A1		13-03-2003
			WO	03019688 A2		06-03-2003
WO 9908330	A	18-02-1999	WO	9908330 A1		18-02-1999
			EP	1008191 A1		14-06-2000
			JP	2001512911 T		28-08-2001
			US	6681462 B1		27-01-2004
DE 10310787	A	23-09-2004	DE	10310787 A1		23-09-2004
DE 10260363	A	08-07-2004	DE	10260363 A1		08-07-2004

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2004/000569

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 H01L41/053 H01L41/083 F02M51/06 H02N2/04

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H01L H02N F16F F02M F16K F04B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 00/08353 A (FRANK WILHELM ; VOIGT ANDREAS (DE); LEWENTZ GUENTER (DE); SIEMENS AG ()) 17. Februar 2000 (2000-02-17) in der Anmeldung erwähnt Seite 6, Zeile 6 - Seite 7, Zeile 4	1-29
A	WO 03/019688 A (BOSCH GMBH ROBERT) 6. März 2003 (2003-03-06) Seite 3, Zeile 9 - Seite 6, Zeile 9	1-29
A	WO 99/08330 A (FRANK WILHELM ; VOIGT ANDREAS (DE); LEWENTZ GUENTER (DE); SIEMENS AG ()) 18. Februar 1999 (1999-02-18) Seite 8, Zeile 11 - Seite 9, Zeile 16	1-29
	----- -/--	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

### \* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* Älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*g\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

5. Oktober 2004

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

11/10/2004

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Meul, H

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/DE2004/000569

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
E	DE 103 10 787 A (BOSCH GMBH ROBERT) 23. September 2004 (2004-09-23)  Ansprüche 1-8; Abbildungen 2A,2B -----	1-3,7,8, 10,11, 17-22, 24,25, 27,29
E	DE 102 60 363 A (BOSCH GMBH ROBERT) 8. Juli 2004 (2004-07-08)  Absatz '0008! - Absatz '0012! Absatz '0034! - Absatz '0035! Abbildungen 1,4,7,8 -----	1-3,7,8, 10,17, 18,20, 22-25, 28,29

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2004/000569

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
WO 0008353	A	17-02-2000	WO EP	0008353 A1 1021662 A1	17-02-2000 26-07-2000
WO 03019688	A	06-03-2003	DE WO	10140196 A1 03019688 A2	13-03-2003 06-03-2003
WO 9908330	A	18-02-1999	WO EP JP US	9908330 A1 1008191 A1 2001512911 T 6681462 B1	18-02-1999 14-06-2000 28-08-2001 27-01-2004
DE 10310787	A	23-09-2004	DE	10310787 A1	23-09-2004
DE 10260363	A	08-07-2004	DE	10260363 A1	08-07-2004